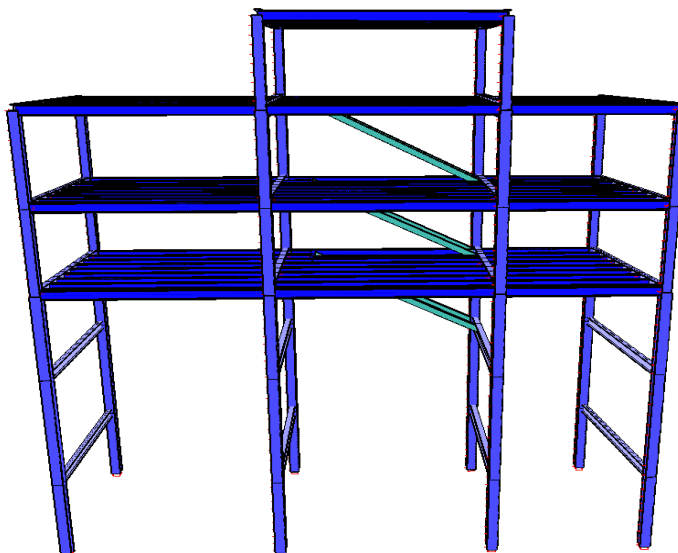


## TRABAJO FINAL DE GRADO

### Grado en Ingeniería Mecánica

# PROYECTO DE INTERVENCIÓN SOBRE EDIFICACIÓN EXISTENTE CON ESTUDIO DE REMONTA EN MENORCA



## Memoria – Impacto Ambiental – Presupuesto – Planos Fotográfico – Informes de Cálculo

**Autor:** Maximilian Koschmieder de Juan  
**Director:** Víctor Martínez Valverde  
**Departamento:** R.M.E.I.  
**Convocatoria:** Abril de 2019



## Resumen

El presente proyecto consiste en la ampliación de un edificio existente situado en la isla de Menorca (Balears), en el municipio de Alaior.

La intervención se basa en la remonta de 4 alturas sobre la cubierta existente, pasando de ser un edificio de Planta Semisótano, Baja y Cubierta transitable, con 223,87m<sup>2</sup> edificadas, a un edificio de Planta Semisótano, Baja, 3 Plantas tipo y Planta Cubierta, con 595,05m<sup>2</sup> edificadas.

El proceso para la realización de este proyecto ha consistido en las siguientes etapas:

- Estudio y levantamiento gráfico del estado actual.
- Análisis de la tipología estructural existente.
- Propuesta de actuación y cálculo estructural.
- Evaluación económica y ambiental.

De forma principal, este estudio se enfoca en el diseño, cálculo y proyecto de estructuras de la citada intervención, para lo cual se han empleado los siguientes softwares de cálculo:

- CYPE: En concreto se ha utilizado el módulo ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN para el cálculo de las zapatas y vigas centradoras que conectan mediante recalce con las existentes.
- DIAMONDS: Cálculo general de la estructura.
- IDEA STATICA: Para el cálculo de las uniones en la estructura metálica adoptada.

Como normativa se ha tenido en cuenta lo establecido en el Eurocódigo, no obstante, también se han considerado las disposiciones del CTE y el NCSE-02.

## Resum

El present projecte consisteix en l'ampliació d'un edifici existent situat a la illa de Menorca (Balears), en el municipi d'Alaior.

La intervenció es basa en la remunta de 4 alçades per sobre de la coberta existent, passant d'un edifici amb Planta Semisoterrani, Baixa i Coberta transitable, amb 223,87m<sup>2</sup> edificats, a un edifici de Planta Semisoterrani, Baixa, 3 Plantes tipus i Coberta, amb 595,05m<sup>2</sup> edificats.

El procés per a la realització d'aquest projecte ha consistit en les següents etapes:

- Estudi i aixecament gràfic de l'estat actual.
- Anàlisi de la tipologia estructural existent.
- Proposta d'actuació i càlcul estructural.
- Avaluació econòmica i ambiental.

De manera principal, aquest estudi s'enfoca en el disseny, càlcul i projecte d'estructures de l'esmentada intervenció, pel qual s'han fet servir els següents softwares de càlcul:

- CYPE: En concret s'ha emprat el mòdul d'ELEMENTS DE FONAMENTACIÓ per al càlcul de sabates i bigues centradores que connecten mitjançant recalçament amb les existents.
- DIAMONDS: Càlcul general de l'estructura.
- IDEA STATICA: Per al càlcul de les unions en l'estructura metàl·lica escollida.

Com a normativa, s'ha tingut en compte l'establert a l'Eurocodi, per altre banda, també s'han considerat les disposicions del CTE i el NCSE-02.

## Abstract

The current project consists on an expansion of an existing building sited on the island of Menorca (Balears), on Alaior municipality.

The intervention is based on a vertical expansion of 4 heights above the current roof, adding to the Underground and Ground floor, with 223,87 m<sup>2</sup> built, 3 Standard floors and a Roof floor, with 595,05 m<sup>2</sup> built.

The development process of this project has been composed on the next steps:

- Study and graphical drawing of the current situation.
- Analysing of the current structural typology.
- Action proposal and structural calculation.
- Economic and environmental evaluation.

Mainly, this study has been focused on the design, calculation and development of the structural project. For that purpose, has been used the following software tools:

- CYPE: Particularly the FOUNDATION ELEMENTS module, for the design of the isolated foundations and ground beams, which connect the existing ones.
- DIAMONDS: General structure calculation.
- IDEA STATICA: For verify the metallic joint solutions, as welds and bolts.

As regulations has been followed the established on Eurocodes, also has been considered the requirements of CTE and NCSE-02.



## Agradecimientos

Me gustaría expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me han dado la oportunidad de desarrollarme, tanto intelectual como personalmente. Su influencia ha sido clave para alentar en mí la curiosidad e inquietud por conocer más, motivo por el cual me embarque en la gran experiencia que ha supuesto cursar esta carrera.

Dar las gracias a mi familia, porque siempre han estado allí.

A mis profesores de infancia, y a todos los que les han ido sucediendo a lo largo de los años. Porque han sabido hacer de la enseñanza algo divertido e interesante.

A mi tutor, Víctor Martínez, a quien agradezco la ayuda brindada.

Por último, a Ariadna Pons que me apoya en mí día a día.





# Índice

<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>RESUM</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
1.1. OBJETIVOS DEL TFG.....	11
<b>2. ESTADO ACTUAL</b>	<b>12</b>
2.1. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA Y EDIFICACIÓN.....	12
2.2. TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA Y ESTRUCTURAL EXISTENTE .....	13
<b>3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN</b>	<b>17</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	18
3.2. DEMOLICIÓN Y OBRA NUEVA.....	20
3.3. INTERACCIÓN ESTRUCTURA NUEVA Y EXISTENTE .....	21
3.3.1. CÁLCULO RIGIDEZ APOYO MARÉS .....	21
3.3.2. COMPROBACIÓN RESISTENCIA MARÉS .....	23
<b>4. FICHAS CUMPLIMIENTO NORMATIVA</b>	<b>24</b>
4.1. DB-SI 6 .....	24
4.2. NBE- NCSE 02 .....	25
<b>5. JUSTIFICACIÓN CÁLCULOS Y APTITUD ESTRUCTURA</b>	<b>26</b>
5.1. COEFICIENTES DE SEGURIDAD.....	26
5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO .....	27
5.3. SOLICITACIONES CONSIDERADAS.....	27
5.3.1. Planta Piso .....	27
5.3.2. P.Cubierta y “Badalot” .....	27
5.4. CÁLCULO GLOBAL ESTRUCTURA, DIAMONDS v2018.2.0.0 .....	28
5.4.1. PARÁMETROS ESPECIFICADOS DE VIENTO NIEVE Y SISMO .....	30
5.4.2. VERIFICACIÓN .....	31
5.5. CÁLCULO DETALLADO DE ZAPATAS HA, CYPE 2019.g.....	34
5.6. CÁLCULO DETALLADO DE UNIONES, IDEA STATICA v9.1.51.51750 .....	38
<b>6. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL, EMISIONES CO<sub>2</sub></b>	<b>43</b>



<b>CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA</b>	<b>47</b>
LISTADO DE PLANOS.....	49
<b>ANEJOS</b>	<b>50</b>
ANEJO A – PLANOS	
ANEJO B – REPORTAJE FOTOGRÁFICO	
ANEJO C – INFORME DE CÁLCULO DIAMONDS	
ANEJO D – INFORME DE CÁLCULO CYPE	
ANEJO E – INFORME DE CÁLCULO IDEA STATICA (SIMPLIFICADO)	
ANEJO F – INFORME DE CÁLCULO IDEA STATICA (COMPLETO)	
ANEJO G – IMPACTO AMBIENTAL	
ANEJO H – MEDICIONES Y PRESUPUESTO	





# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. OBJETIVOS DEL TFG

El objetivo de este TFG es resolver completamente la estructura necesaria en el proyecto de remonta de un edificio entre medianeras que dispone de semisótano y planta baja. El mismo se ubica en el municipio de Alaior, Menorca (Balears), en la C/Miguel de Cervantes.

Se trata de un inmueble en venta cuyo uso actual registrado es el de almacén, sin embargo, según el planeamiento urbanístico vigente es posible su adaptación a vivienda, siendo a su vez factible una remonta que constituya un edificio resultante de PB+4PP.

Para el desarrollo del cálculo se emplearán diversos programas informáticos, de este modo se hace una distinción entre el cálculo general de la estructura donde se valora la aptitud global frente a las sollicitaciones que contempla la normativa, y otros aspectos de carácter más específico como la verificación de uniones.

El fin último de este proyecto será la comprobación de los resultados obtenidos, la valoración económica y viabilidad del proyecto, así como la repercusión en emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la intervención.

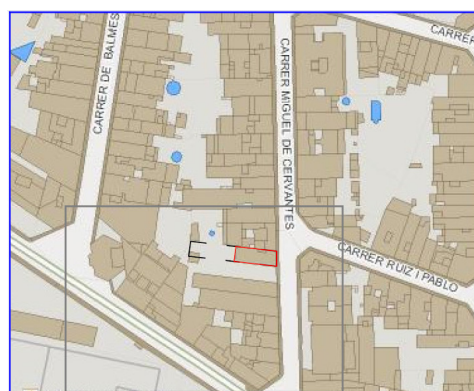
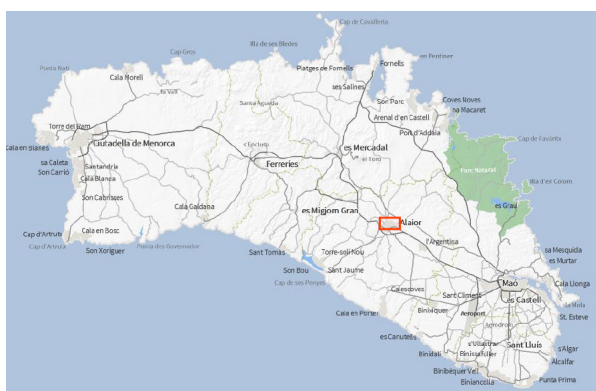
## 2. ESTADO ACTUAL

### 2.1. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA Y EDIFICACIÓN

La parcela donde se halla el edificio se ubica dentro del casco urbano del municipio de Alaior, fuera del núcleo antiguo, constituye el nº60 de la C/Miguel de Cervantes. Se trata de una parcela de forma prácticamente rectangular de 235m<sup>2</sup> de superficie, la longitud de fondo es de 37m y el ancho de 6,4m.

La parcela linda con la C/Miguel de Cervantes por la cara este. El linde posterior oeste comunica con otra parcela que da a la C/Balmes, los extremos norte y sur suponen límites de medianera.

La medianera norte se encuentra edificada por parte de la finca vecina hasta la altura de planta 2ª, mientras que la medianera sur no se encuentra edificada y actualmente no existe tan siquiera un muro de separación, esto es debido a que la parcela sur contigua procede de una segregación de nuestra parcela y actualmente conforma un solar no edificado.



**Figuras 2.1 y 2.2 (izda. a dcha) Isla de Menorca y Situación Parcela (Fuente: IDE menorca)**

El terreno de la parcela sobre el que descansa la estructura actual se encuentra en la cota -2,83m con respecto a la C/Miguel de Cervantes, por la cual se accede al inmueble.

La edificación actual tiene un total de 223,87m<sup>2</sup>, estando repartidos en 110m<sup>2</sup> en semisótano, 110m<sup>2</sup> en planta baja y 3,75m<sup>2</sup> en el casetón de acceso a la cubierta que, a falta de una palabra que mejor se aproxime en el vocabulario castellano, en este proyecto se ha decidido llamar “badalot” por alusión directa al término catalán que mejor lo define.



**Figuras 2.3, 2.4 y 2.5 (izda. a dcha.) Fachada este, Fachada Sur, Cubierta P1 (Fuente: Visita junio 18)**

Tal y como se ha mencionado, el edificio está registrado con uso de almacén, aunque, según explicaciones del propietario, el uso real del mismo fue el de fábrica de zapatos artesanales.

El planeamiento urbanístico vigente en la zona es el PGOU de Alaior de 1994, el cual define los siguientes parámetros que afectan a la intervención de ampliación:

- Ocupación: 50%
- Edificabilidad: 2,5m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
- Línea de fondo edificable: 18 metros
- Altura máxima: PB+4PP
- Zona: Urbana edificable, con posibilidad de uso como vivienda o local.

La construcción actual ocupa un fondo máximo de 17,56m con respecto a la fachada, la proyección vertical de la superficie edificada ocupa un 46,7% de la parcela y actualmente existe una planta semisótano y planta baja. Por tanto, se cumplen las condiciones para poder remontar hasta la planta 4, es decir, adicionar 4 plantas extra si despreciamos los 3,75m<sup>2</sup> del badalot existente.

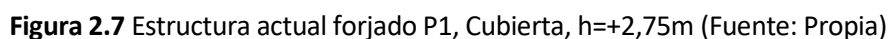
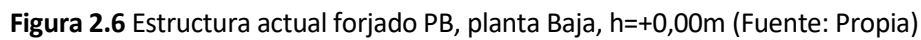
## 2.2. TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA Y ESTRUCTURAL EXISTENTE

La construcción existente data del 1960, según datos catastrales, y reúne las características típicas de una edificación menorquina del periodo. En base a lo anterior, junto con el carácter no invasivo del análisis in situ, sin realización de catas, y a la falta de documentación por parte de los propietarios, algunas características constructivas y estructurales han tenido que suponerse.

La tipología estructural actual se compone de paredes de mampostería de marés y forjados unidireccionales de viguetas pretensadas de HA (hormigón armado).

El Marés es una piedra arenisca con elevadas características fisio-mecánicas y de uso muy arraigado en la arquitectura tradicional de Baleares. El espesor del muro es de 25cm y sobre el mismo se aplica, directamente como acabado, un enfoscado de mortero de 1cm tanto en el intradós como en el trasdós.

Las viguetas tienen un canto de 22cm y corresponden a una geometría T22, se desconoce el diámetro exacto de las armaduras internas, no obstante, esta tipología de vigueta autorresistente se emplea para salvar luces desde 5 a 8m en función del uso e intereje. En nuestro caso, la luz que cubren es de 6,45m (se ha supuesto un apoyo de 15 cm a cada lado) y el intereje del forjado de PB es de 67cm mientras que el de P1, cubierta, es de 61cm.





rejuntado con mortero. Adicionalmente, se ha supuesto una capa geotextil, reflejada en planos, cuya existencia es incierta dada la antigüedad del forjado.

Debido a los huecos de escalera, en la planta semisótano se levanta un muro portante de marés sobre el que descansan 5 viguetas del forjado de planta baja, por otra parte, 2 pilares de HA de 28x43cm arrancan en cimentación y llegan hasta la altura de la cubierta transitable, entre ellos se dispone una jácena de HA sobre la que se apoyan 4 viguetas.



**Figuras 2.8, 2.9 y 2.10** (izda. a dcha.) Muro escalera PS, Pilares PS y Pilares PB (Fuente: Visita junio 18)

La cubierta del “badalot” es de tipo inclinada con tejas árabes y se resuelve mediante vigas de madera de sección 8x11cm.

Como se aprecia en las figuras 2.3 y 2.5, además del antepecho de marés en la cubierta, existe un frontón en la fachada, el cual se levantó con la idea de construir en un futuro próximo una primera planta completa, no obstante, dicha intención no fue llevada a término.

Entre el terreno y el inmueble se dispone una capa de tierra compactada y directamente sobre la misma una solera con mallazo de reparto en la cara superior. El acabado tanto de la solera como del forjado superior de la planta semisótano es una capa de hormigón fratasado.



**Figura 2.11** Planta Baja (Fuente: Visita junio 18)



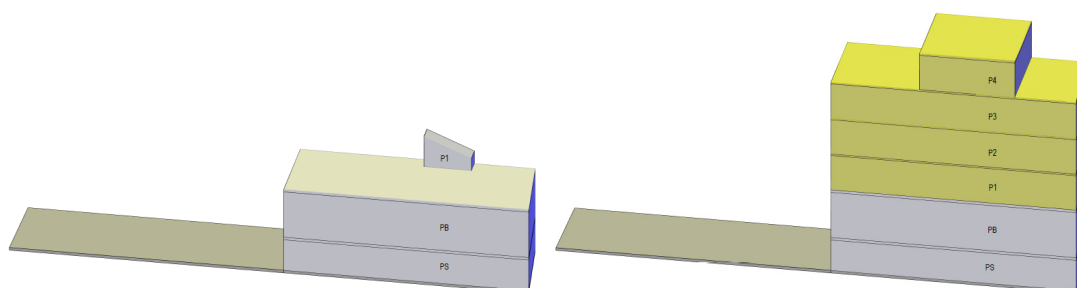
### 3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

El criterio que se ha adoptado para la expansión del edificio ha sido el de agotar el margen que permite la normativa. La ocupación está prácticamente agotada, 47% vs 50% permitido, por lo que se descarta una expansión horizontal y se opta por una remonta vertical hasta alcanzar las 4 plantas piso que estipula la normativa, al respecto, la edificabilidad es de hasta 2,5m<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de parcela, siendo posible edificar un total 595 m<sup>2</sup> de edificio. Este factor condicionará la existencia de una parte de terraza transitable en la última planta.

Las superficies y volúmenes resultantes, actuales y de propuesta, son las que siguen:

ESTADO ACTUAL	
SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	
PARCELA	235,51
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	
PS	110,06
PB	110,06
P1	3,75
TOTAL	223,87
VOLUMEN EDIFICADO [m <sup>3</sup> ]	
PS	308,17
PB	412,73
P1	6,38
TOTAL	727,28

PROPUESTA	
SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	
PARCELA	235,51
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	
PS	110,06
PB	110,06
P1	110,06
P2	110,06
P3	110,06
P4	42,05
TOTAL	595,05
VOLUMEN EDIFICADO [m <sup>3</sup> ]	
PS	308,17
PB	412,73
P1	324,67
P2	308,17
P3	308,17
P4	118,58
TOTAL	1780,49



**Figuras 3.1 y 3.2** (izda. a dcha.) Volúmen actual y Volumen propuesto (Fuente: Propia)

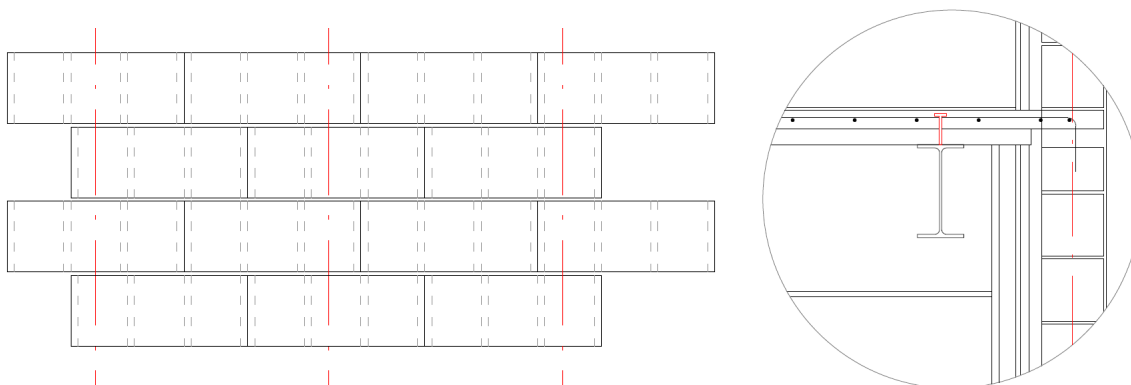
### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

En la toma de decisión del tipo de estructura nueva que incorporar en la remonta han sido claves los cuatro factores siguientes:

- Incerteza sobre las dimensiones reales de la cimentación actual y procedencia exacta del marés constitutivo de los muros portantes. Siendo la cantera de origen un condicionante en la capacidad resistente del marés.
- Minimizar coste.
- Resultado estético.
- Minimizar la alteración de la edificación existente.

En base a lo anterior, finalmente se ha decidido emplear una estructura prácticamente aislada de la actual, compuesta por 4 pórticos de acero entre los cuales se dispondrán correas metálicas. Todos los perfiles seleccionados son de tipo HEB para pilares, e IPE para vigas y correas. En su mayoría, las uniones en la estructura metálica se resolverán colocando placas intermedias soldadas o atornilladas a los perfiles, y atornilladas entre sí, de este modo es posible realizar la mayor parte de las soldaduras en taller garantizando una correcta realización de las mismas y, a su vez, acelerar el proceso de montaje en obra.

Los nuevos cerramientos de fachada serán de bloque hueco de hormigón colocado con mortero al tresbolillo, su función será no portante, sin embargo, dada su exposición a cargas de viento y sobrecargas horizontal de uso será necesario macizarlas y armarlas cada 5 huecos. La transmisión de dichos esfuerzos a la armadura se resuelve conectando el muro a los solados mediante el mallazo de compresión y disponiendo conectores, pernos soldados, cada 30 cm en las correas perimetrales, motivo por el cual en el diseño resultarán en una sección de mayor importancia que el resto de correas.

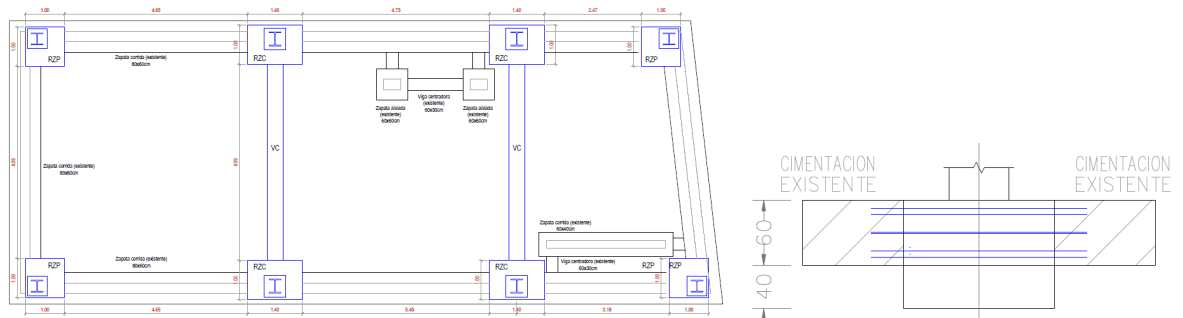


**Figuras 3.3 y 3.4** (izda. a dcha.) Aparejo bloques HA c/5 huecos y Conexión a estr. (Fuente: Propia)

En este proyecto se ha contemplado la colocación de un revestimiento de pladur, placas de cartón-yeso, acoplado a la parte interior de los cerramientos mediante perfilera de aluminio. Dicho revestimiento se coloca en toda la superficie de cerramientos, excepto en la parte de medianera norte en la que ya existe una edificación en pie y se considera la superficie de contacto como adiabática. La función del pladur es tanto acústica como térmica, no obstante, no se ha considerado su aportación como protección de la estructura metálica frente al fuego puesto que, como se observa en planos, no envolverá por completo la cara expuesta del acero, para tal fin se ha considerado una adición de pintura intumescente Euroquímica 200. En las caras desprotegidas de los pilares, que se embeben parcialmente en los muros, se aplica una capa de 600 micras. En las vigas y correas, cuya cara superior queda protegida por el forjado, se imprima también una capa de 600 micras en el resto de caras desprotegidas. Por último, las vigas que conforman la escalera tienen una exposición en todas sus caras al fuego por lo que será necesario la aplicación de dos capas de dicha pintura intumescente en toda su superficie, con un recubrimiento total de 1,2mm.

Respecto a la distribución que adoptan los nuevos pilares, responde al objetivo de generar vanos de aproximadamente 6m y a la necesidad de esquivar las vigas pretensadas T22, las cuales se encuentran desfasadas en las 2 plantas existentes debido a la diferencia entre sus interejes.

Bajo los pilares se diseñaran cimentaciones de tipo zapata aislada, estas se conectarán entre sí mediante vigas centradoras en el sentido del pórtico, en el sentido transversal se empleará la propia cimentación existente para impedir el deslizamiento. La conexión entre las nuevas zapatas y la cimentación existente se realizará mediante penetración de nuevas armaduras y conexión con resina epoxi, dado el aumento significativo de la capacidad de la zapata existente en las zonas intervenidas se puede considerar como una actuación análoga al recalce.



**Figuras 3.5 y 3.6 (izda. a dcha.) Nueva cimentación y Conexión cimentación (Fuente: Propia)**

Debido a la mayor sollicitación en los pilares de los pórticos centrales, estos son de mayor sección que los laterales, asimismo, la sección de todos estos se va reduciendo progresivamente en el ascenso de plantas por el mismo motivo.

La altura total de los pórticos laterales es de 15,5m mientras que la de los pórticos centrales es de 18m, el arranque de los mismos se encuentra en la cota -2,80m. La altura desde el arranque hasta el primer forjado de nueva construcción, P2, es de 9,5m, siendo necesario arriostrar los pilares en alturas previas para evitar penalizaciones excesivas por efecto del pandeo.

El arriostramiento de los pilares en el sentido transversal al pórtico se realizará con las paredes de cerramiento, mientras que el paralelo al pórtico deberá generarse a la misma altura de los forjados con el uso de perfiles IPE paralelos a las vigas T22. Dado que el arriostramiento de los cerramientos es continuo y mucho más efectivo que el puntual generado por las IPE en las alturas intermedias, se ha colocado el eje de inercia débil de los pilares HEB orientado hacia los cerramientos, aprovechando el coartamiento que estos generan.

Como se puede apreciar en los planos, las vigas seleccionadas en los pórticos son de una magnitud considerable, IPE 500 e IPE 400. Esto es motivado en un intento de reducir lo máximo posible el desplazamiento horizontal de la estructura, bajo las diferentes combinaciones de carga, hacia la medianera norte donde existe una edificación vecina en la que debe evitarse la derivación de problemas por generación de esfuerzos y fisuración.

A pesar de lo anterior, tal y como dicta la normativa no se ha considerado la edificación vecina como elemento de apoyo de nuestra estructura.

En cuanto al tipo de uniones, los pórticos tienen entregas de tipo rígido en pilares y vigas, mientras que las correas y vigas de escalera se han solucionado mediante articulación en eje local “y”, por lo que los momentos flectores,  $M_y$ , en dichos extremos son nulos. La consideración se aplica al cálculo global de la estructura mediante el programa *Diamonds*, en el cual se ha empleado un cálculo lineal de primer orden. En el diseño de la unión mediante *Idea Statica* se busca una unión fiel a estas circunstancias, a pesar de que al emplear este un cálculo por el método de elementos finitos (MEF) el grado de rigidez pueda diferir sensiblemente, ya que se consideran deformaciones y generación de tensiones de forma análoga a un cálculo de segundo con aplicación progresiva de carga.

### 3.2. DEMOLICIÓN Y OBRA NUEVA

Los elementos objeto de demolición son los siguientes:

- Parte de la cimentación corrida para dar lugar a la nueva.
- Regatas verticales en el marés para alojar los nuevos pilares metálicos.
- Tramo de muro con inclinación del frontón que existe en planta cubierta actual.
- Tramo de muro del frontón, fachada Este, para albergar la nueva configuración de ventanas.
- Formación de pendientes y solado de la cubierta preexistente.
- “Badalot” actual.

La parte de obra nueva que comprende el estudio de este proyecto:

- Cimentación de HA.
- Estructura metálica, incluye las escaleras.
- Relleno de hormigón en masa (HM), con mortero sin retracción, del vaciado de muros para albergar los nuevos pilares.
- Protección frente al fuego mediante pintura intumescente de la nueva estructura.
- Cerramientos de bloque de hormigón hueco, con su respectivo armado y macizado.
- Carpintería, ventanas y puertas, según planos y considerada en presupuesto.
- Solados y formación de cubiertas, plana transitable para la cubierta accesible y plana no transitable para el nuevo "badalot".

### **3.3. INTERACCIÓN ESTRUCTURA NUEVA Y EXISTENTE**

Como se ha mencionado, la estructura de la ampliación es independiente de la existente, sin embargo, la primera se sirve de la segunda para mejorar su estabilidad mediante el arriostramiento gracias a los muros de marés. A continuación, se detalla el proceso realizado para considerar el apoyo horizontal, transversal a los pórticos, que genera el marés y su capacidad para soportar las tensiones asociadas a dicho trabajo.

#### **3.3.1. CÁLCULO RIGIDEZ APOYO MARÉS**

El marés es una roca compuesta por granos de arena cohesionados por un cemento natural de carbonatos. El grosor del grano determina el nivel de talla alcanzable, el grado de carbonatación y su dureza. Se extrae en bloques de 40x40x80cm, y resulta muy útil para la ejecución de muros y bóvedas.

La gama de cortes final de las piezas es bastante amplia dando lugar, de menor a mayor esbeltez, desde piezas para muros a rasillas de solado, como las existentes en nuestra edificación, y planchas para aplacado. Es este uno de los condicionantes que permitieron la existencia de una diferencia entre los intenejes del forjado de planta baja, con 67cm y piezas de marés formato 66x33x5cm, y el de la planta cubierta actual, con 61cm y piezas de marés de 60x30x5cm.

Las características resistentes del marés dependen de su origen, ya sea calcarenitas (granos de arena cementados con el calcio de las conchas de moluscos) o eolianita (arena sedimentada) y, por tanto, cada cantera tiene propiedades muy diferenciadas, con resistencias que pueden variar entre 25 y 630Kg/cm<sup>2</sup>.

En la época de ejecución del edificio, en 1960, se encontraban en activo un número importante de canteras en Menorca, entre ellas “s’Hostal”, “Sa Cetaria”, “Sant Esteve-Montefí y Salord”, “Binicalsitx”, “Santa Ponça”, “Sa Mola” y “Sa Moleta”.

La característica común de la mayoría de estas canteras es un marés de origen calcarenita, por lo que resulta una aproximación frecuentemente empleada el uso de las propiedades de las areniscas calcáreas para el cálculo aproximado.

Módulo de Young (E)	400000 T/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson (γ)	0.28
Coefficiente de dilatación	0.000011 (1/°C)
Densidad del marés	1.8 T/m <sup>3</sup>
Módulo de torsión o rigidez (G)	12.1951 T/cm <sup>2</sup>
Resistencia al cizallamiento (τ)	0.06 T/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión	40-60 Kg/cm <sup>2</sup> [sic]
Tensión admisible	5 Kg/cm <sup>2</sup> [sic]

**Tabla 3.1** Valores de la piedra arenisca calcárea (Fuente: Socías y Sánchez, 2008)

Considerando que el comportamiento de la estructura se encuentre dentro del rango elástico lineal, se puede deducir la rigidez mediante el empleo de la siguiente ecuación 3.1.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{\Delta L}{L}} \rightarrow K = \frac{F}{\Delta L} = \frac{E \cdot S}{L} \quad (Eq. 3.1)$$

Los datos de cálculo considerados son los siguientes:

$$E=4000 \text{ N/mm}^2$$

$$S=150 \cdot 1000=150000 \text{ mm}^2/\text{m}$$

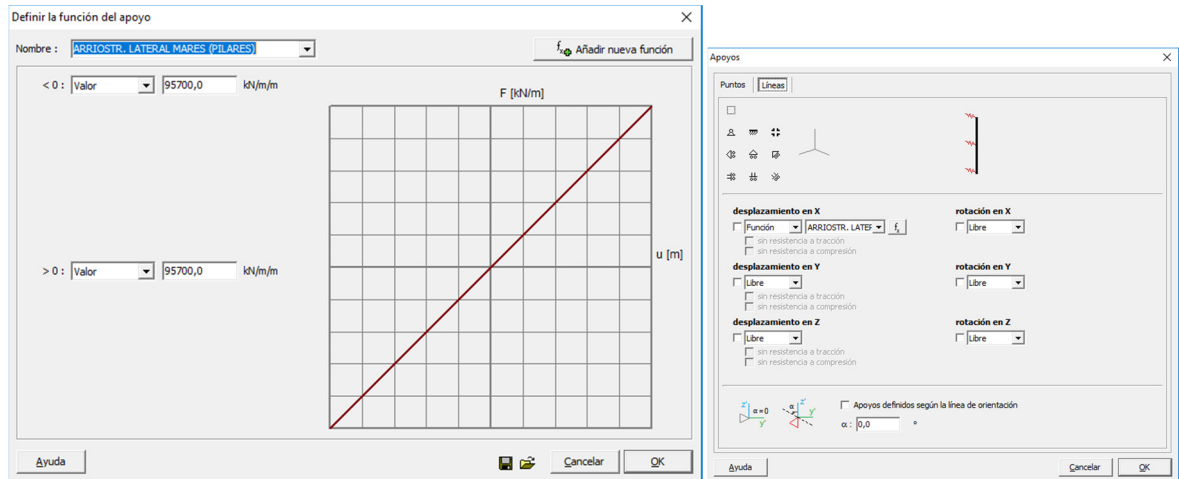
$$\text{Distancia entre pórticos} = 6,15 \text{ m} = 6150 \text{ mm}$$

Como resultado, la rigidez del arriostramiento horizontal de los pilares es:

$$K(\text{arr.})= 95,7 \text{ kN/mm/m}$$

La introducción de dicho valor en el programa de cálculo *Diamonds* se realiza como función de apoyo en el eje horizontal correspondiente.



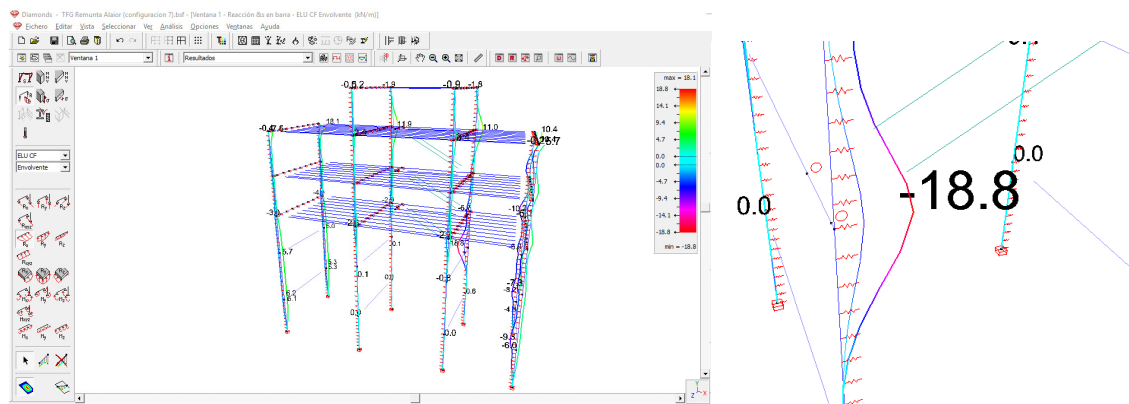


**Figuras 3.7 y 3.8** Función de apoyo horizontal pilares mediante marés (Fuente: Diamonds)

### 3.3.2. COMPROBACIÓN RESISTENCIA MARÉS

El uso del muro de marés como elemento de restricción al libre desplazamiento del cuerpo de los pilares en el sentido transversal a los pórticos genera una reacción máxima de 18,8 kN de compresión.

Reacciones arriostramiento marés ELU CF, 18,8 kN/m



**Figuras 3.8 y 3.9** Envolvente ELU, reacciones lineales en barras y Detalle máximo (Fuente: Diamonds)

Mediante dicho resultado y aplicando la ecuación 3.2.

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (Eq. 3.2)$$

Se obtiene una tensión resultante de 1,25 MPa, bastante inferior a los 3,33 MPa que consideraremos admisibles.

$$\sigma_{sd} = \frac{18800N}{1000mm \cdot 150mm} 1,25MPa << \sigma_{rd} = \frac{fu}{\gamma_2} = \frac{5}{1,5} = 3,33 MPa \rightarrow \text{OK}$$

## 4. FICHAS CUMPLIMIENTO NORMATIVA

### 4.1. DB-SI 6

CTE Parámetros del DB Seguridad en caso de Incendio		Residencial Vivienda unifamiliar		RH p	SI
---	--	----------------------------------	--	------	----

SI 6 Resistencia al fuego de la estructura							
<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES</b>  Forjados, vigas y soportes de plantas y de cubiertas que no tengan consideración de ligeras a efectos de SIB. Incluye la estructura de escaleras no protegidas de evacuación.	<b>EDIFICIO, R t</b> (R: Resistencia mecánica; t: tiempo exigido en minutos)						
	USO DEL SECTOR	<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b> según uso y altura de evacuación de edificio, h					
		Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante				
			h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m		
	Vivienda unifamiliar	R 30	✓	R 30	✓	R 90	R 120
	Residencial Vivienda, Público, Docente, Adm.	R 120		R 60	R 90	R 120	
	Comercial, Pública Concurrencia, Hospital	R 120		R 90	R 120	R 180	
	Aparcamiento	R90(R120 si uso dist.)		R90/120	R90/120	R90/120	
	<b>ZONAS DE RIESGO ESPECIAL, R t</b>						
	<b>USO DEL LOCAL O ZONA</b>						
<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b> <sup>(1)</sup> según clase de riesgo							
bajo medio alto							
Local o zona de riesgo especial de incendio R 90 R 120 R 180							
(1) No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio en la que se encuentre.							
<b>CUBIERTAS LIGERAS, R t</b>							
<b>CONDICIONES</b>							
- Carga permanente ≤ 1 kN/m <sup>2</sup> (incluye correas y cerramiento) - No está prevista para la evacuación de los ocupantes. - Altura de la cubierta respecto de la rasante exterior ≤ 28 m. - Su fallo no puede ocasionar daños graves en los edificios o establecimientos cercanos, ni comprometer la estabilidad de plantas inferiores o la compartimentación sectores incendio.							
<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b>							
R 30							
<b>ESCALERAS Y PASILLOS PROTEGIDOS, R t</b>							
<b>ELEMENTOS CONTENIDOS EN:</b>							
<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b>							
Escaleras protegidas o pasillos protegidos: R 30							
Escaleras especialmente protegidas: No procede.							

CTE DB SI 6.2	
---------------	--

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS</b>  Sobre lindes, alturas o entreplantas. CTE DB SI 6.2	<b>CONDICIONES</b>	<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b>
	a) Cuando su colapso pueda ocasionar daños personales o comprometer la estabilidad global, la evacuación o la compartimentación en sectores de incendio sea:  b) Entre otros casos:	Igual a elementos principales  No procede.

<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO</b>	<b>VALORES A ALCANZAR DE RESISTENCIA AL FUEGO, R t</b>	
	<b>a) Valores establecidos en las tablas anteriores:</b> indican el tiempo en minutos exigido de resistencia al fuego frente a la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura, o bien	✓
	<b>b) Valores de tiempo equivalente de exposición al fuego:</b> frente a la curva normalizada tiempo-temperatura que se supone tiene un efecto igual a la de un incendio real en el sector de incendio considerado. Se obtiene aplicando el procedimiento del Anexo B del CTE DB SI a partir de las características geométricas y térmicas del sector y el valor de carga de fuego. (No es habitual en edificios de viviendas)	
	<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO, R t</b>	
	<b>a) Se adoptan las clases de resistencia al fuego obtenidas a partir de las Tablas y/o métodos simplificados de los Anexos del CTE DB SI <sup>(1)</sup></b>	- Anexo C: Estructuras de hormigón armado - Anexo D: Estructuras de acero - Anexo E: Estructuras de madera - Anexo F: Elementos de fábrica (adrito, cerámica aligerada, y bloque de hormigón)
<b>b) Mediante referencia a los resultados de ensayos emitidos por laboratorios acreditados:</b>	- Ensayos especificados en el RD 312/2005 de 18 de marzo y en las normas UNE, EN de Anexo G del CTE DB SI.	
(1) Puede consultar en <a href="http://www.ctecatalunya.es">www.ctecatalunya.es</a> el Manual del DB SI donde encontrará ejemplos de determinación de la resistencia al fuego de diferentes tipos de elementos estructurales aplicando los Anexos correspondientes del DB SI.		

CTE DB SI 6.6 i Anexos DB SI	
------------------------------	--

Ref. del proyecto: PROYECTO DE REMONTA ALAIDR


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
 BARCELONATECH  
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

## 4.2. NBE- NCSE 02

FICHA DE APLICACIÓN DE LA NORMA NCSE-02 norma de construcción sismoresistente		EDIFICIOS nueva construcción	
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO</b>			
Situación: MIGUEL DE CERVANTES 60		Municipio: ALAIOR	
Número de plantas sobre rasante: 5			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN</b>			
Clasificación del edificio en función de su importancia: (Artículo 1.2.2)	Moderada Edificios con probabilidad despreciable de que su destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros.	Normal Edificios cuya destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni puedan derivarse efectos catastróficos.	<input checked="" type="checkbox"/> Especial Edificios cuya destrucción por terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o derivarse efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas.
Aceleración básica $a_{bg}$ <sup>(1) (2)</sup>		En función del municipio de acuerdo con el anejo I del NCSE-02 $a_{bg}/g < 0,04$ $a_{bg}/g = 0,04$	
Aceleración de cálculo $a_c$ : (Solo en edificios de importancia normal o especial y con $a_{bg} > 0,04g$ )	<p>Coefficiente del tipo de suelo <math>C</math>: <sup>(3)</sup> Se adoptará como valor de <math>C</math> el valor medio de los 30 primeros metros bajo la superficie obtenida en ponderar los coeficientes <math>C_i</math> de cada estrato del terreno con su grosor <math>z_i</math>, en metros.</p> <p>Coefficiente de riesgo <math>p</math> Edificios de importancia normal <math>p = 1,0</math> Edificios de importancia especial <math>p = 1,3</math></p> <p>Coefficiente de amplificación del terreno <math>S</math> Si <math>p \cdot a_{bg} &lt; 0,1g \rightarrow S = C</math> Si <math>0,1g &lt; p \cdot a_{bg} &lt; 0,4g \rightarrow S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot (p \cdot \frac{a_{bg}}{g} - 0,1) \cdot (1 - \frac{C}{1,25})</math> Si <math>0,4g &lt; p \cdot a_{bg} \rightarrow S = 1,0</math></p> <p><math>a_c/g = S \cdot p \cdot a_{bg}/g = 0,051</math></p>		
Tipo de estructura: <sup>(1) (3) (4)</sup>		ESTRUCTURA DE ACERO, CIMENTACIONES DE HORMIGÓN ARMADO	
<b>CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA</b>			
Edificios de importancia moderada: No se aplica el NCSE-02			
$a_{bg} < 0,04g$ : No se aplica el NCSE-02			
$0,04g \leq a_{bg} < 0,08g$ <sup>(2)</sup> : Se aplica el NCSE-02			
Excepción: No es de aplicación el NCSE-02 en edificios de normal importancia siempre que:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se disponga de una estructura de pórticos armados <sup>(5)</sup>, con características de resistencia y rigidez similares en las dos direcciones, para resistir esfuerzos horizontales en cualquier dirección y</li> <li>No se fundamente el edificio sobre terrenos potencialmente inestables.</li> </ul>			
En ningún caso esta excepción será de aplicación en edificios de más de 7 plantas si la aceleración sísmica de cálculo $a_c \geq 0,08g$			
$a_{bg} \geq 0,08g$ <sup>(1)</sup> : Debe aplicarse el NCSE-02 sin excepciones			
Por lo tanto, NO SE APLICA LA NORMA NCSE-02			
ES DE APLICACIÓN LA NORMA NCSE-02. En la memoria de cálculo constan las acciones sísmicas consideradas, las hipótesis y las conclusiones adoptadas.			

Fecha: Abril de 2019

Ingeniero: Maximilian Koschmieder

## Notas:

- Las edificaciones de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, o similares, si  $0,08g \leq a_{bg} < 0,12g$  tendrán 4 plantas como máximo. Y si  $a_{bg} \geq 0,12g$  tendrán, como máximo, 2. (art. 1.2.3)
- Cuando  $a_{bg} \geq 0,04g$  no se ejecutarán estructuras de mampostería, tapia o toba.
- Coefficiente del terreno  $C$ : En función del tipo de terreno:  
 Terreno I (Roca compacta, suelo cimentado o granular muy denso):  $C = 1$ .  
 Terreno II (Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros):  $C = 1,3$ .  
 Terreno III (Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme o muy firme):  $C = 1,6$ .  
 Terreno IV (Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando):  $C = 2$ .
- Las estructuras de muros de fábrica, si  $0,08g \leq a_{bg} < 0,12g$  la altura máxima será de 4 plantas. Y si  $a_{bg} \geq 0,12g$  la altura máxima será de 2 plantas. (art. 4.4.1)
- En el caso de estructura de pórticos es importante hacer constar si están correctamente armados. La existencia de una capa superior armada, monolítica y enlazada a la estructura en la totalidad de la superficie de cada planta permite considerar los pórticos como correctamente armados entre sí en todas las direcciones (de acuerdo con los comentarios del NCSE-02 C.1.2.3).

9/1



## 5. JUSTIFICACIÓN CÁLCULOS Y APTITUD ESTRUCTURA

### 5.1. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Coeficientes de seguridad Estado límite último (hormigón):

Acción permanente	1,00 / 1,35	Acción Favorable / desfavorable
Acción variable	0,0 / 1,50	Acción Favorable / desfavorable

Coeficientes de seguridad Estado límite último (acero):

Acción permanente	1,00 / 1,35	Acción Favorable / desfavorable
Acción variable	0,0 / 1,50	Acción Favorable / desfavorable

Coeficientes de seguridad Estado límite de servicio:

Acción permanente	0,0 / 1,0	Acción Favorable / desfavorable
Acción variable	0,0 / 1,0	Acción Favorable / desfavorable

En la combinación de más de una carga variable se considerarán los siguientes coeficientes de simultaneidad:

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Zonas residenciales (categoría A)	0,7	0,5	0,3
Zonas administrativas (categoría B)	0,7	0,5	0,3
Zonas destinadas a público (categoría C)	0,7	0,7	0,6
Zonas comerciales (categoría D)	0,7	0,7	0,6
Zonas de tráfico y aparcamiento	0,7	0,7	0,6
Cubiertas transitables	En función de su uso		
Cubiertas accesibles para mantenimiento (categoría H)	0	0	0
Nieve, altitudes superiores a 1000 m	0,7	0,5	0,2
Nieve, altitudes inferiores a 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Los coeficientes parciales de seguridad a considerar para el acero, según se establece el Eurocódigo 3 son:

$$\gamma_{m0} = 1,00 \quad \gamma_{m1} = 1,00 \quad \gamma_{m2} = 1,25$$

## 5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

En base a lo establecido en el CTE se han considerado los siguientes criterios de limitación para la deflexión:

Flecha máxima	L/400	Tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas
Desplome local	h/250	Siendo "h" la altura de la planta
Desplome total	H/500	Siendo "H" la altura del edificio

## 5.3. SOLICITACIONES CONSIDERADAS

### 5.3.1. Planta Piso

- a) Solado y pavimento (baldosas + chapa de compresión + rasillas marés) .....4 kN/m<sup>2</sup>
- b) Tabiquería .....2 kN/m<sup>2</sup>
- c) Instalaciones .....0,2 kN/m<sup>2</sup>

Total Cargas Permanentes = 6,2 kN/m<sup>2</sup>

- d) Sobrecarga Uso residencial .....2 kN/m<sup>2</sup>

Total cargas Variables = 2 kN/m<sup>2</sup>

- e) Extra escaleras .....1 kN/m<sup>2</sup>
- f) Barandillas (aplicación horizontal con excentricidad 1,2m).....0,8 kN/m
- g) Cerramientos (aplicación horizontal a media altura)..... 0,4 kN/m

### 5.3.2. P.Cubierta y "Badalot"

- a) Solado y pavimento (baldosas + chapa de comp. + form. pend. + rasillas marés) .....4,5 kN/m<sup>2</sup>
- b) Instalaciones .....0,2 kN/m<sup>2</sup>

Total Cargas Permanentes = 4,7 kN/m<sup>2</sup>

- c) Sobrecarga Uso cubierta transitable uso privado y no trans.  $\alpha < 20^\circ$ .....1 kN/m<sup>2</sup>



Total cargas Variables = 1 kN/m<sup>2</sup>

- d) Barandillas (aplicación horizontal con excentricidad 1,2m).....0,8 kN/m
- e) Cerramientos (aplicación horizontal a media altura)..... 0,4 kN/m

Las cargas de viento, nieve y sismo se han introducido especificando los parámetros relativos al edificio y el lugar y se han obtenido mediante la ayuda del generador de dichas solicitaciones de *Diamonds*, tal y como se aprecia en el anejo de cálculo.

No se han tenido en cuenta en los cálculos:

- Acciones derivadas de cambios de temperatura de la estructura.
- Acciones fortuitas no normalizadas tales como choque de vehículos, deflagraciones, ondas explosivas, etc.
- Acciones derivadas de desplazamientos impuestos.

## 5.4. CÁLCULO GLOBAL ESTRUCTURA, DIAMONDS v2018.2.0.0

El proceso realizado para el cálculo de la estructura mediante el software *Diamonds* ha sido el siguiente:

- Graficar la geometría en 3D en un software cad para posteriormente importarla a *Diamonds* mediante formato “dxf”.
- Definir orientación y excentricidad de las barras.
- Introducir apoyos externos del sistema y el tipo de los mismos.
- Indicar las liberaciones en extremos de barra. *Diamonds* permite transmitir esfuerzos (axiles, cortantes y momentos), generar liberaciones o bien crear funciones de transmisión para considerar uniones, articuladas, rígidas o semirrígidas (definiendo rigidez como valor o función).
- Definir en fase de pre-dimensionado las secciones y material de las barras.
- Definición de grupos de carga a considerar indicando duración, factores de simultaneidad, y coeficientes de seguridad correspondientes.
- Introducir manualmente las cargas que contempla la norma con respecto a permanentes y sobrecargas de uso así como cerramientos y barandillas. Algunos grupos como el de viento, nieve y sismo se han introducido mediante la ayuda del generador de cargas de *Diamonds*,

utilizando el Eurocódigo para el caso de viento, CTE para nieve y la NCSE-02 para el sismo. El peso propio es considerado de forma automática por el programa si no se desactiva la opción.

- Generación de combinaciones de carga aprovechando la ayuda del generador.
- Introducción de las longitudes de pandeo de las barras en ambos ejes y el pandeo lateral.
- Definición de la curva de fuego (se escoge ISO 384), consideración de la exposición de cada barra y aplicación de una protección (se ha considerado pintura bituminosa) en fase de pre-dimensionado.
- Cálculo lineal en 1er orden, sin consideración de imperfecciones locales ni globales. *Diamonds* es un software que no analiza los modos de pandeo y tampoco facilita los autovalores asociados,  $\alpha_{cr}$ , por lo que emplea el método de consideración de las inestabilidades con longitudes de pandeo propias a cada barra y posteriormente aplica un coeficiente de reducción a la resistencia,  $\chi$ . El cálculo escogido para la verificación de la resistencia es el de interacción de esfuerzos que se establece en el Eurocódigo. Sin embargo, también se pasa a analizar las tensiones que se observan en las combinaciones críticas comparándolas con las admisibles del material.
- El último paso ha consistido en un proceso iterativo de modificación, con adición de perfiles en algún caso, hasta obtener una estructura que se considerase optimizada, razonable a nivel constructivo y que cumpliera las exigencias tanto de seguridad como funcionales (entrando a considerar deformaciones).



### 5.4.1. PARÁMETROS ESPECIFICADOS DE VIENTO NIEVE Y SISMO

Parámetros del terreno

Norma: **EN 1991-1-4**

☐ Reducción por el factor 0.85 para la falta de correlación

Coeficiente estructural CsCd: **1**

Factor de dirección Cdir: **1,000**

Coeficiente de estación Cseason: **1,000**

Densidad del aire: **1,3** kg/m³

☒ Factor de probabilidad Cprob: **1,000**

☐  $V_{b,0}$  según localización:

☒  $V_{b,0}$  = velocidad del viento: **29** m/s

☐  $q_b$  = presión del viento: **0,5** kN/m²

Tipo de terreno: **IV** **Escoger**

**Coeficiente de orografía**

**Ayuda** **Cancelar** **OK**

**Figura 5.1** Parámetros viento introducidos en generador Diamonds (Fuente: Diamonds)

Configuración generador de nieve

Norm: **SE-AE**

Región: **5** **Mapa**

Altitud: **15,00** m

Carga de nieve a nivel de suelo (Sk): **0,7** kN/m²

Ce: coeficiente de exposición: **1**

Ct: coeficiente térmico: **1**

☐ Tener en cuenta el peso de la nieve colgando en borde

**Ayuda** **Cancelar** **OK**

**Figura 5.2** Parámetros nieve introducidos en generador Diamonds (Fuente: Diamonds)



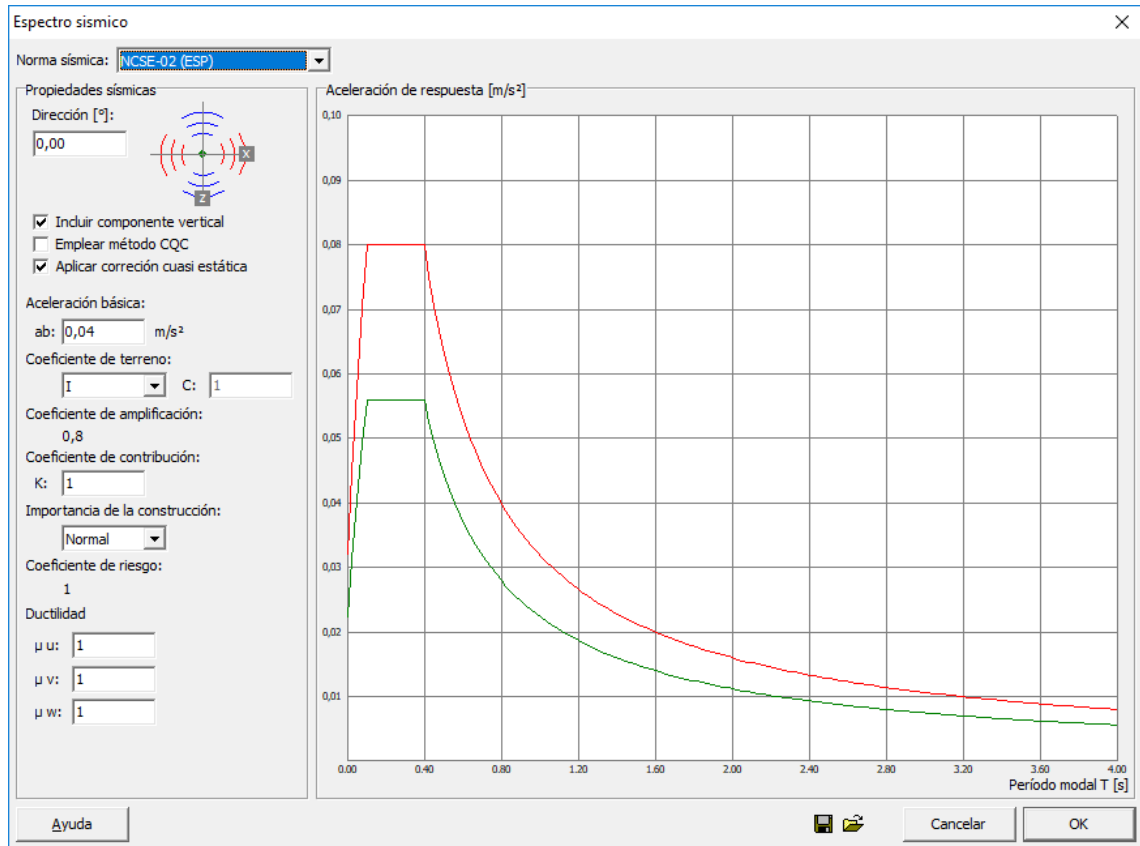
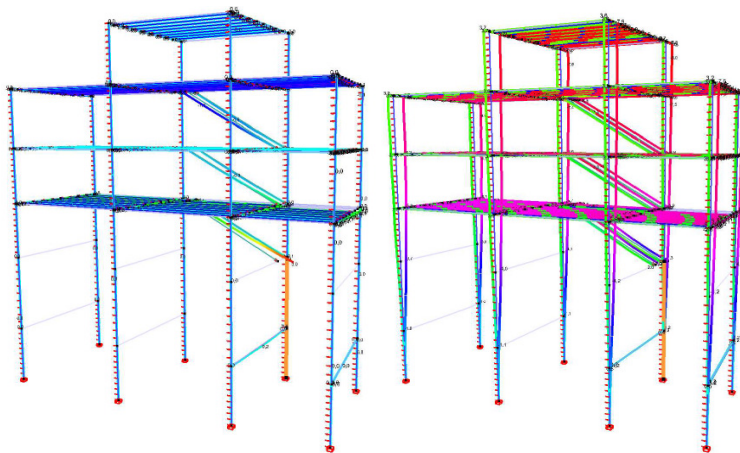


Figura 5.3 Parámetros sísmo introducidos en generador Diamonds (Fuente: Diamonds)

## 5.4.2. VERIFICACIÓN

Desplazamientos máximos horizontales, desplome local y global.

- ✓  $\delta x_{\max} = 3 \text{ mm} < h_{\max}/250 \text{ (11,8mm)} < H/500 \text{ (35,4mm)}$
- ✓  $\delta z_{\max} = 8 \text{ mm} < h_{\max}/250 \text{ (11,8mm)} < H/500 \text{ (35,4mm)}$

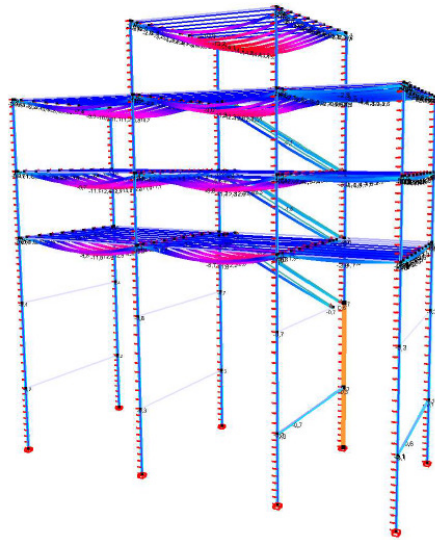


Figuras 5.4 y 5.5 Diagramas deformación eje X y eje Z, ELS envolvente (Fuente: Diamonds)

Como se ha comentado anteriormente, en el proceso de diseño no solo se buscó reducir el desplome por debajo de lo que establece la normativa, si no que teniendo en consideración la existencia de un edificio vecino medianero, se ha procurado reducir el desplome transversal al pórtico (donde se halla la finca vecina) por debajo de 1cm. Lo que se obtuvo aumentando las vigas de los pórticos 1 sería por encima de la que hubiera sido apta a nivel normativo.

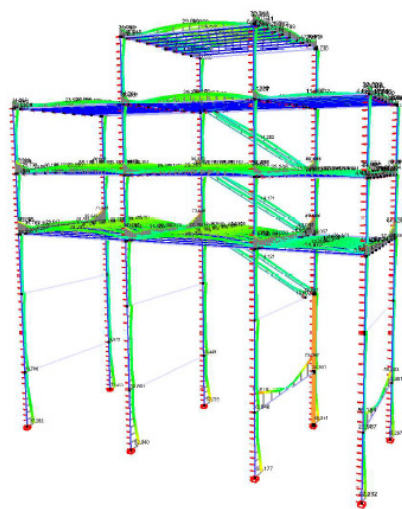
Desplazamiento máximo transversal al pórtico (eje X global en sistema escogido en *Diamonds*)

- ✓  $\delta y_{\max} = -14,8 \text{ mm} < L/400 \text{ (15,38mm)}$



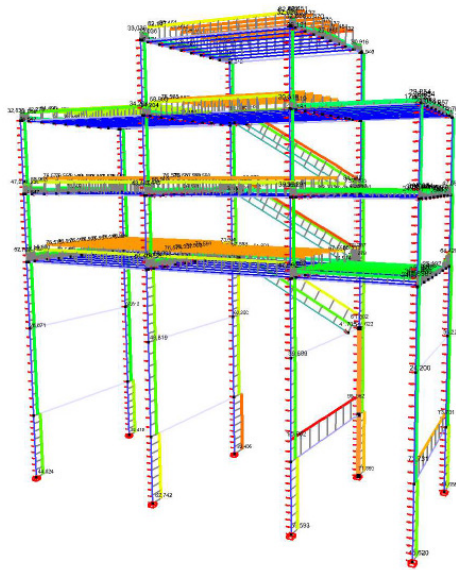
**Figura 5.6** Diagrama deformación eje Y, ELS envolvente (Fuente: Diamonds)

- ✓ Utilización resistente máxima 73,95% < 100%



**Figura 5.7** Resistencia en barra (Fuente: Diamonds)

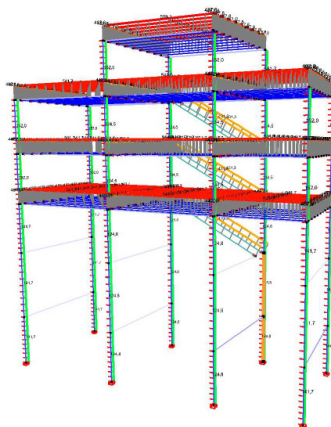
- ✓ Utilización estabilidad máxima 95,96% < 100%



**Figura 5.8** Estabilidad en barra (Fuente: Diamonds)

- ✓ Barra más cercana a su temperatura tras 30 min de exposición

BARRA NÚMERO	PROTECCIÓN	TEMPERATURA A LOS 30 MIN DE EXPOSICIÓN AL FUEGO CONSIDERANDO PROTECCIÓN (°C)	TEMPERATURA CRÍTICA (°C)
7	1,2mm pintura Euroquímica 200	541,7	585,5



**Figura 5.9** Diagrama temperatura de exposición a los 30min (Fuente: Diamonds)

## 5.5. CÁLCULO DETALLADO DE ZAPATAS HA, CYPE 2019.g

Para el cálculo de las cimentaciones se ha empleado el programa *Cype*. Por motivos de compatibilidad entre el ordenador empleado y el software se ha instalado y utilizado la versión temporal en inglés. Los pasos seguidos para el cálculo han sido los siguientes:

- Analizar las situaciones más desfavorables en ELU obtenidas mediante el software *Diamonds* para las zapatas relativas a los pilares centrales e introducirlas en el módulo de ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN de *Cype*.
- Definir los parámetros de tipo de hormigón empleado C35/45, la calidad de los tornillos C10.9.
- Definir los parámetros del terreno, para lo que se han considerado las características de la zona, predominantemente de tipo roca dura.
- Predimensionado de la geometría de zapatas y el armado inferior.
- Introducción del arranque de pilar y la geometría de la chapa base con rigidizadores y los espárragos de anclaje.
- Adición de vigas centradoras a 90º, las cuales se propone ejecutar.
- Adición de vigas centradoras a 0º para simular el efecto del arriostramiento e impedimento al deslizamiento que generará la conexión con armadura y epoxi a la cimentación corrida existente. Las armaduras resultantes del cálculo serán las empleadas en la conexión con la cimentación actual.
- Mismo procedimiento para las zapatas de los pilares laterales. En este caso, tanto las vigas a 0º como las de 90º, pretenden simular el efecto de conexión a la cimentación existente, sirviendo el armado del cálculo como el propuesto para dicha conexión con epoxi.
- Proceso iterativo modificando dimensiones y armado para cumplir normativa.

Las verificaciones de cimentación efectuadas mediante *Cype* se pueden observar en el anejo de Informe de Cálculo *Cype*.

Una vez verificado el cálculo de las zapatas, puesto que también se emplea el software de *Idea Statica* para el cálculo de uniones, se comprueba en este otro software la aptitud de la placa de anclaje y la unión al dado de hormigón que es la zapata.

Es importante destacar que, en el cálculo inicial en *Idea Statica* se aprecia que se produce un fallo en la verificación de los anclajes. Analizando en detalle el problema, se observa que se trata de un fallo en la resistencia a rotura del hormigón ante la tensión que generan los anclajes en el mismo. Sin embargo, el programa *Idea Statica* no contempla la existencia de un armado en el hormigón que ayude a evitar la rotura del hormigón por efecto de los anclajes. Para solucionar este problema, en *Idea Statica* se aplica un “truco” que consiste en aumentar las

dimensiones de la zapata, para así aumentar el área del cono de hormigón que repercute al espárrago. Consecuentemente, y para garantizar un correcto funcionamiento de la cimentación real, se procede en *Cype* a introducir armadura en la cara superior de las zapatas (aplicando criterio de cuantía mínima de acero según normativa), a pesar de que en principio según el cálculo de *Cype* no hubiera sido necesaria armadura perimetral ni superior en la zapata.

La comprobación del factor limitante tras las correcciones comentadas es la que sigue:

**Tension resistance check (EN 1993-1-8 Table 3.4)**

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 96,1 \text{ kN}$$

*Dónde:*

$c = 0,85$	– Factor
$k_2 = 0,90$	– Factor
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Resistencia a tracción del tornillo
$A_s = 157 \text{ mm}^2$	– Área de tensiones de tracción del tornillo
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Factor de seguridad

**Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)**

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 192,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 106,7 \text{ kN}$$

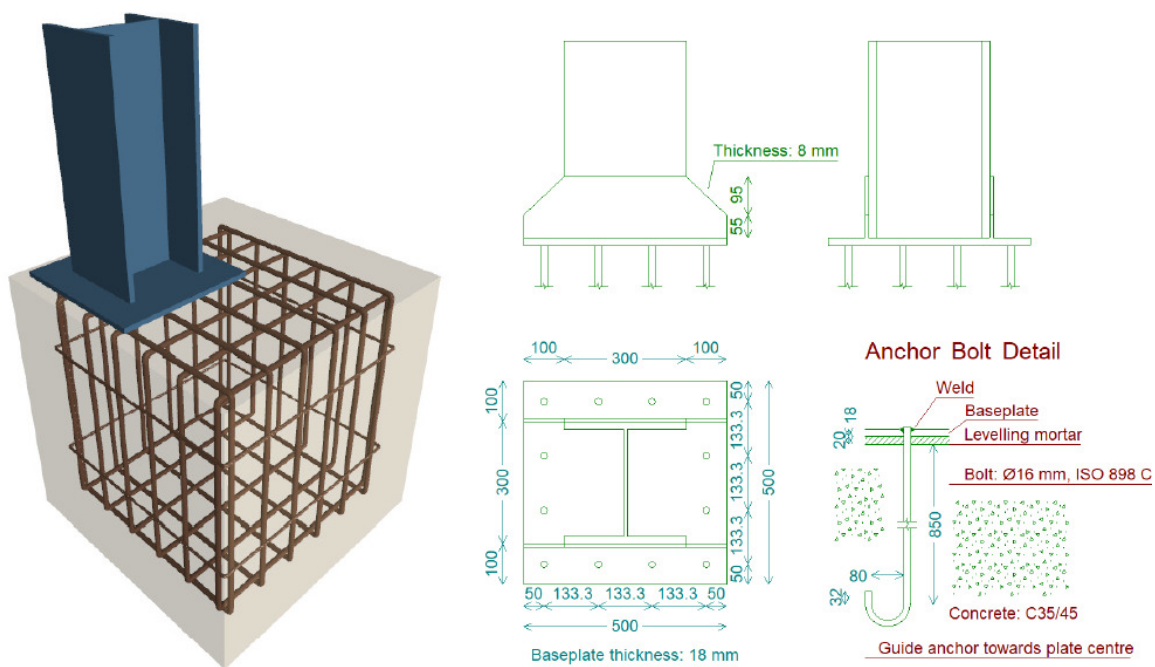
*Dónde:*

$\gamma_c = 1,50$	– Factor de seguridad
$\gamma_{inst} = 1,20$	– Factor de seguridad
$A_{c,N} = 947083 \text{ mm}^2$	– Área actual del cono de hormigón
$A_{c,N}^0 = 4410000 \text{ mm}^2$	– Área de hormigón de un anclaje individual con gran espacio
$N_{Rk,c}^0 = 894,5 \text{ kN}$	– Resistencia característica de un anclaje en hormigón fisurado
$\psi_{s,N} = 1,00$	– Factor de distribución de tensiones en el hormigón
$\psi_{re,N} = 1,00$	– Factor de desprendimiento de las
$\psi_{ec,N} = 1,00$	– Factor de efecto de grupo

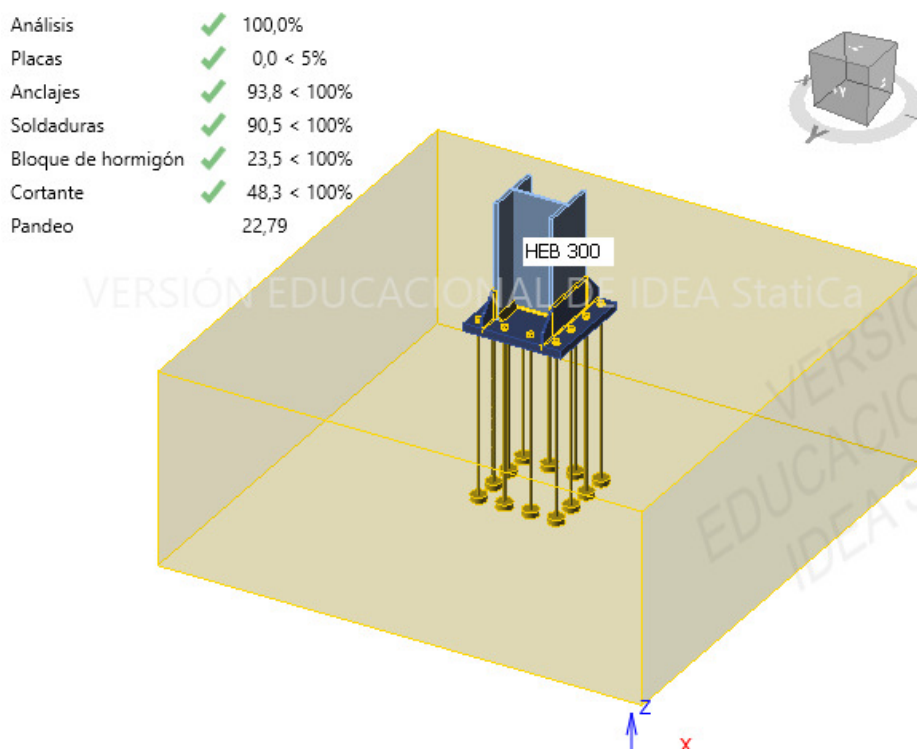
**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 93,8 \%$$

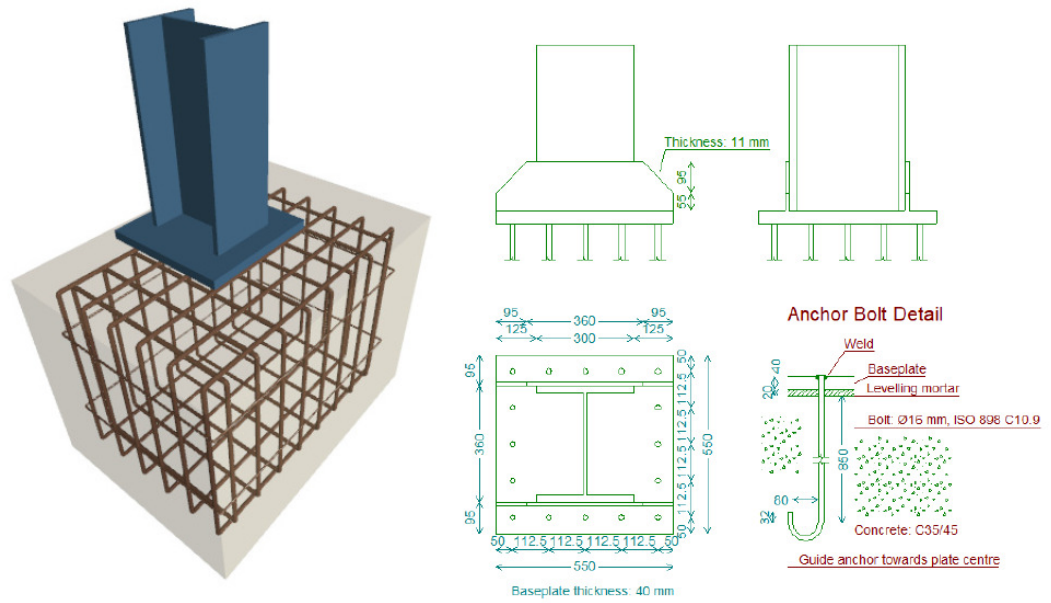
✓ Utilización en tensión de anclajes  $93,8\% < 100\%$



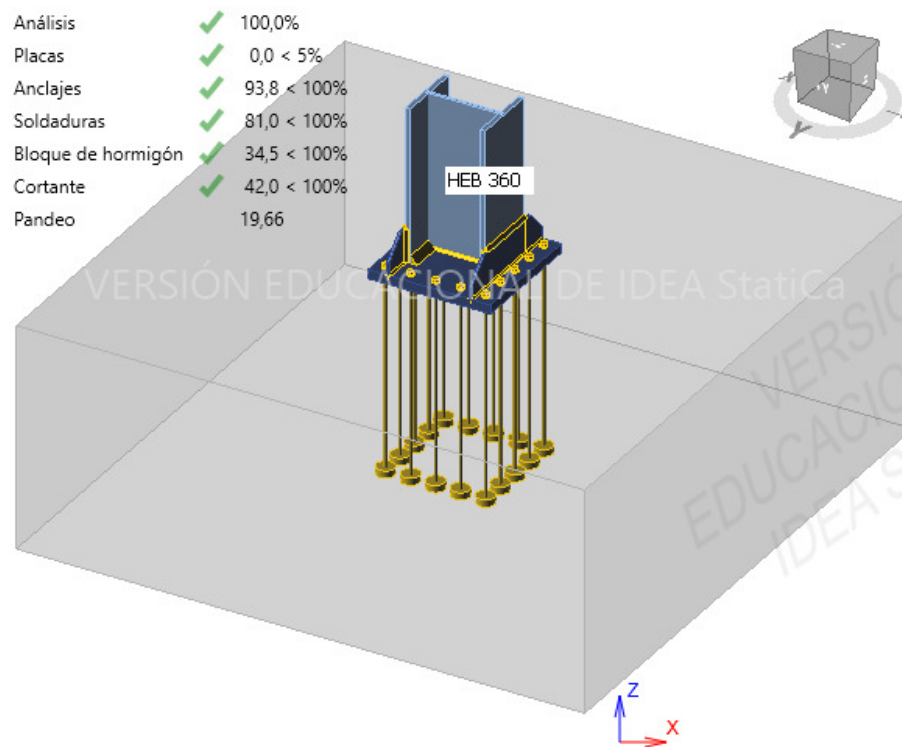
**Figura 5.10** Zapata perimetral “RZP”, placa de transmisión, rigidizadores y anclajes (Fuente: Cype)



**Figura 5.11** Verificación “RZP” en Idea Statica respetando diseño Cype (Fuente: Idea Statica)



**Figura 5.12** Zapata central "RZC", placa de transmisión, rigidizadores y anclajes (Fuente: Cype)



**Figura 5.13** Verificación "RZC" en Idea Statica respetando diseño Cype (Fuente: Idea Statica)



## 5.6. CÁLCULO DETALLADO DE UNIONES, IDEA STATICA v9.1.51.51750

*Idea Statica* es un programa por uso del MEF que engloba 4 tipos de cálculo diferenciados:

- EPS: Análisis de Tensión Deformación.

Este es el tipo de análisis que se ha empleado en nuestro proyecto, puesto que es el correspondiente a un tipo de cálculo donde lo que se busca es verificar la aptitud de la unión frente a una carga de diseño, en términos de tensión y deformación admisibles.

- ST: Análisis de rigidez.

No se ha empleado en el presente estudio. Sirve para calcular de una manera más exacta la rigidez de la unión, pudiendo así introducirse en el programa de cálculo global. Esto hubiera sido de interés en la búsqueda de optimización de los perfiles, pero es un proceso poco empleado por la complejidad y tediosidad que requeriría trasladar manualmente las funciones de rigidez al programa *Diamonds*, ya que no existe una interportabilidad automática entre ambos programas.

No obstante, en el caso hipotético de haberse considerado inviable el proyecto a nivel económico, se podría haber afinado en este sentido, considerando unos enlaces algo más rígidos y reales, lo que hubiera devenido en un descenso en las flechas de las correas (se han introducido como biapoyadas en *Diamonds* con articulación perfecta, siendo la flecha el factor limitante para la elección de dichos perfiles en este proyecto). También, hubiera supuesto una redistribución de los momentos de las correas, relajando un poco el tramo central más afectado, para solicitar algo más a los extremos que están bastante menos tensionados.

- MC: Diseño por capacidad.

No se ha empleado en el presente estudio. Está orientado a un cálculo en rango plástico, donde el elemento en el que se espera que se produzca una rótula plástica y que ejerce de fusible se especifica como elemento analizado (selección análoga al elemento portante cuando se emplea el método EPS). De este modo, el elemento seleccionado como “analizado” queda oculto en la visualización de resultados de la unión, por lo que el fallo buscado en este no desvirtúa ni dificulta el análisis del resto de elementos de la unión, que son en realidad los de mayor interés para este tipo de análisis



- DR: Resistencia de diseño.

No se ha empleado en el presente estudio. Sirve para evaluar el nivel de seguridad de la unión, puesto que el resultado ofrece el valor de la solicitación última que agotaría la unión estudiada. Este estudio puede resultar interesante en un pre-dimensionado en el que se desconozcan las cargas reales que van a afectar a la estructura, no obstante, los resultados están muy estrechamente relacionados con la proporción que existe entre solicitaciones. Por ejemplo, el estudio para una unión arrojará los mismos resultados de solicitación última si se consideran dos casos de carga diferentes en los que la relación entre las solicitaciones sea la misma, pero los resultados serán muy diferentes si al modificar los valores de las solicitaciones no se respeta dicha proporción.

Los pasos seguidos en el estudio mediante *Idea Statica* han sido los siguientes:

- Seleccionar un tipo de estudio de Tensión Deformación, EPS.
- Definir la configuración de la norma donde, entre otras cosas, se establecen los factores parciales de seguridad considerados en el acero (Eurocódigo 3). Es importante en este punto, aplicar el check en detallado para comprobar que se cumplen también los parámetros de distanciamiento que hayamos indicado según la normativa.
- Inicio de modelado de la unión mediante introducción de los perfiles en juego de dicha unión, consideración de tipo “acabado” o “continuo” y selección del elemento portante. Esto último tiene especial interés para minimizar la cantidad de solicitaciones que deberán considerarse en la introducción de cargas, redundando en una mayor eficiencia la elección de un elemento de tipo continuo como portante.
- Introducción de operaciones. Dentro de este paso se añaden las placas, ángulos, rigidizadores, soldaduras, tornillos y otros detalles de la unión.

Es importante ser consecuente, procurando que el tipo de unión que se diseña corresponda a la contemplada en el programa *Diamonds*. Es decir, puesto que en nuestro caso hemos considerado e introducido en *Diamonds* las uniones “idealmente” empotradas o bien articuladas, será necesario modelar uniones que se ajusten en la mayor medida posible a ese comportamiento ideal. Para ello, se ha seguido el criterio simplificado de soldar alas en empotramientos y dejarlas libres en uniones articuladas.

- Seleccionar una unión representativa de todas las que se resuelven con el mismo tipo de unión para trasladar las hipótesis de carga más desfavorables. Esto es analizar de los diferentes tipos de unión, la más desfavorable de cada tipo para las diferentes combinaciones de carga. Puesto que no existe interportabilidad automática entre *Idea Statica* y *Diamonds* (a diferencia de otros programas de cálculo global que si pueden migrar de forma directa las combinaciones a *Idea Statica*), y no se quiere considerar la envolvente más desfavorable de todos los tipos de

esfuerzos en una única combinación de cargas (lo que resultaría en un caso de carga poco real y en una unión sobredimensionada), se ha procedido a considerar combinaciones de carga de la siguiente manera: se busca la combinación más desfavorable para cada tipo de esfuerzo (axil, cortante, flectores, torsor) y se aplica dicha combinación, considerando el resto de esfuerzos asociados para la combinación, lo que rara vez resulta en más de dos esfuerzos coincidentes con la envolvente.

- Cálculo considerando la abolladura.

A diferencia de lo comentado en *Diamonds, Idea Statica* sí aporta el valor de  $\alpha_{cr}$  para los modos de pandeo de los elementos. De este modo, puede observarse en algún caso la necesidad de rigidizadores que no parecían necesarios en un análisis simple de tensión deformación.

- Inicio de tanteo iterativo hasta verificar todas las uniones, en nuestro caso, un total de 18 tipos diferentes considerados. El  $\alpha_{cr}$  más bajo está en torno a 10, por lo que también se comprueba que no hay peligro de sufrir problemas por abolladura.

La verificación completa puede observarse en el anejo de Informe de Cálculo Idea Statica.

#### Configuración de la Norma

##### ▼ Análisis y verificaciones

Detenerse al llegar a la deformación límite	<input checked="" type="checkbox"/>
Detallado	<input checked="" type="checkbox"/>
Resistencia al arrancamiento del cono de hormigón	<input checked="" type="checkbox"/>
Factor de pretensado k [-]	0,70
Coefficiente de fricción en la resistencia a deslizamie	0,30

##### ▼ Factores de seguridad parcial

y M0	1
y M1	1
y M2	1,25
y C	1,5
y Inst	1,2
y M3	1,25

##### ▼ Bloque de hormigón

Longitud del anclaje para el cálculo de rigidez [d]	8
Coefficiente de unión $\beta_j$	0,67
Área efectiva - influencia del tamaño de la malla	0,1
Coefficiente de fricción - hormigón	0,25
$\alpha_{cc}$	1
Cracked concrete	<input checked="" type="checkbox"/>

##### ▼ Configuración de la verificación

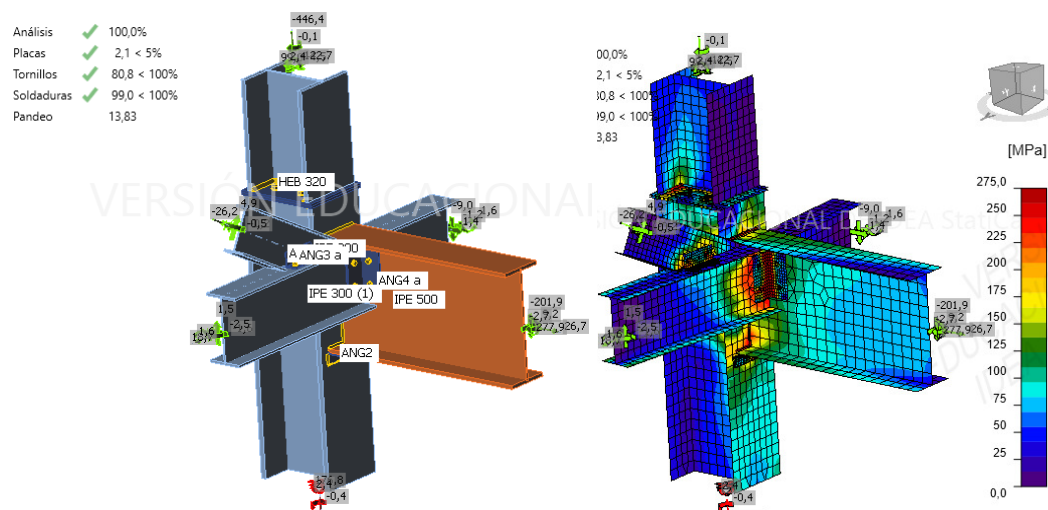
Deformación plástica límite [%]	5,0
Deformación plástica de adventencia. [%]	3,0
Nivel de alerta de la verificación [%]	95,0
Nivel óptimo de la verificación [%]	60,0
Distancia entre tornillos [d]	2,2

Distancia entre tornillos y el borde [d]	1,2
ángulo de distribución de la carga en el bloque de t	33,7
Ftrd decreciente de los anclajes [-]	0,15
Sistema arriostrado	<input type="checkbox"/>
Aplastamiento con ab	<input checked="" type="checkbox"/>
Considerar la influencia de $\beta_p$ en FvRd	<input type="checkbox"/>

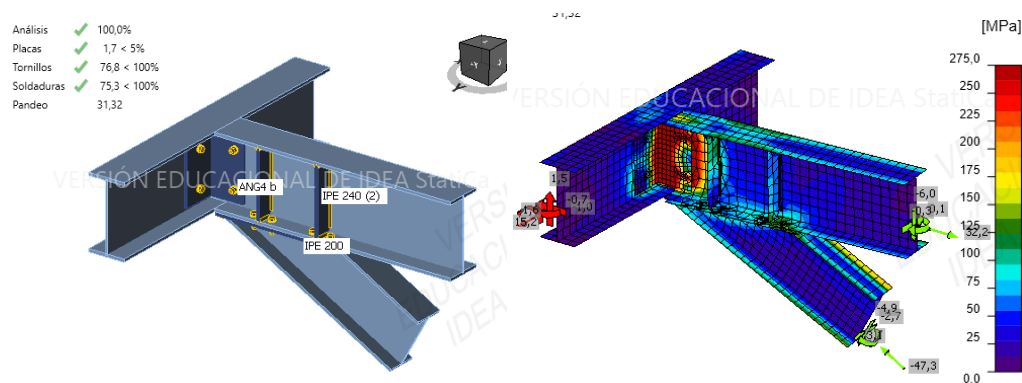
##### ▼ Modelo y malla

Longitud por defecto de elemento estándar [h]	1,5
Longitud por defecto de elemento con sección huec	2
División de la superficie del mayor elemento tubula	64
División de arco de los elementos tubulares rectang	3
Número de elemento en el mayor ala o alma del ele	8
Número de elementos en el alma mayor del elemen	16
Número de iteraciones en el análisis	25
Cuenta de iteraciones divergentes	3
Tamaño mínimo del elemento [mm]	10
Tamaño máximo del elemento [mm]	50

Figura 5.14 Configuración de la norma (Fuente: Idea Statica)



Figuras 5.15 y 5.16 Análisis unión "arranque escalera sobre portico P2" (Fuente: Idea Statica)





## 6. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL, EMISIONES CO<sub>2</sub>

El análisis de impacto ambiental se ha generado mediante los datos de emisiones que aporta la base de precios de *Cype*.

A continuación, se expone un resumen de los resultados, pudiendo acceder a un detalle más pormenorizado en el Anejo de Impacto Ambiental.

### Emisiones CO<sub>2</sub>

---

1 Actuaciones previas	14.441,60 kg CO <sub>2</sub>
2 Demoliciones	451,65 kg CO <sub>2</sub>
3 Acondicionamiento del terreno	21,69 kg CO <sub>2</sub>
4 Cimentaciones	4.142,48 kg CO <sub>2</sub>
5 Estructuras	105.686,15 kg CO <sub>2</sub>
6 Fachadas y particiones	13.861,72 kg CO <sub>2</sub>
7 Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares	681,88 kg CO <sub>2</sub>
9 Instalaciones	1.172,37 kg CO <sub>2</sub>
11 Cubiertas	8.421,79 kg CO <sub>2</sub>
12 Revestimientos y trasdosados	21.825,02 kg CO <sub>2</sub>
	<hr/>
	Total 169.533,98 kg
	.....: CO <sub>2</sub>

El total de emisiones en Kilogramos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es de 169.533,98

## CONCLUSIONES

En el presente proyecto se ha realizado una intervención que ha respetado la estructura existente, tratando de alterarla lo mínimo posible. Como resultado, se ha creado una simbiosis entre la estructura preexiste de marés y forjado unidireccional de viguetas pretensadas, que ocupa 2 plantas, con una nueva estructura íntegramente de acero, la cual se alza 4 plantas por encima de la anterior.

El aumento en superficie es de más del doble de la existente. Esto ha sido posible constituyendo el proyecto de partida con intención de aprovechar al máximo la normativa urbanística existente, PGOU 1994 Alaior.

En este proyecto se trata la parte del estudio de Remonta que abarca la estructura y la envolvente, así como la viabilidad urbanística. Para tener una visión completa del desempeño económico que supondría el total de la inversión faltaría un posterior proyecto de instalaciones y arquitectónico que acabará de definir la funcionalidad y distribución del inmueble, sin embargo, en el punto en el que nos encontramos ya es posible afirmar que se trataría de una inversión muy provechosa que potenciaría enormemente el valor de la finca.

Como tareas que puedan pasar algo menos advertidas en la realización de este proyecto, cabe destacar el trabajo previo en el estudio del lugar y levantamiento gráfico llevado a cabo desde cero.

En cuanto a los resultados en la estructura, como es habitual en cualquier proyecto de estructuras, aquí tan solo se muestra el resultado final, el cual valida con normativa y exigencias. El camino para lograr esa meta pasa por un proceso de modificaciones y ajustes que es muy beneficioso para la comprensión de los programas y del funcionamiento estructural en sí.

El hecho de haber utilizado 3 programas de cálculo diferentes, todos ellos de reconocido prestigio, ha permitido enfocar el estudio a un nivel de detalle. *Cype* se ha empleado para la cimentación, *Idea Statica* para las uniones y *Diamonds* para el cálculo general de la estructura.

Se concluye exponiendo que el diseño estructural propuesto satisface las especificaciones técnicas conforme a la normativa vigente y cumple tanto con las condiciones límite como funcionales.

# PRESUPUESTO

Tras la tarea de mediciones llevada a cabo en base a los planos y diseño realizados, el presupuesto de la intervención se ha realizado utilizando la base de precios de *Cype*, configurando los parámetros de la obra de la manera más similar a nuestro caso.

A continuación, se expone un resumen de los resultados, pudiendo acceder a un detalle más pormenorizado en el Anejo de Mediciones y Presupuesto.

## Presupuesto de ejecución material

1 Actuaciones previas	13.228,69 €
2 Demoliciones	8.716,55 €
3 Acondicionamiento del terreno	50,63 €
4 Cimentaciones	2.145,92 €
5 Estructuras	87.024,23 €
6 Fachadas y particiones	39.757,81 €
7 Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares	32.261,80 €
9 Instalaciones	10.565,29 €
11 Cubiertas	11.962,42 €
12 Revestimientos y trasdosados	31.092,64 €
16 Control de calidad y ensayos	3.274,69 €
<hr/>	
Total .....	240.080,67 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA MIL OCHENTA EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

Alaior, Menorca

Ingeniero Mecánico

Maximilian Koschmieder





## BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

Arroyo Portero, J. C.; Corres Peiretti, G.; *et al.* (2001). *Números Gordos*. Cinter Divulgación Técnica s. l. l.

Calavera Ruiz, J. (2002). *Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación*. 5a ed. Madrid: Intemac.

*Código Técnico de la Edificación*, CTE (2010). DB SE; DB SE-A

*EHE-08* (2009).

Engel, H. (2001). *Sistemas estructurales*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

*Eurocódigo 3*, EN-1993-3 (1993)

*Instrucción de Acero Estructural*, EAE (2011)

Millais, M. (1997). *Estructuras de edificación*. Madrid: Ediciones Celeste.

*Norma de Construcción Sismoresistente*, NCSE-02 (2002)

*Prontuario Acero-Hormigón-Madera*. Volumen 1, 1ª Edición. Madrid: Rigorma Gráfica.

Sánchez-Cuenca, R. El Marès. El material, su origen, historia, propiedades, canteras y calidades disponibles actualmente, Primera ed. 2010.



## LISTADO DE PLANOS

ESTADO ACTUAL	
<b>A01</b>	Emplazamiento
<b>A02</b>	Parcela superficie y volumen
<b>A03</b>	Actual PS
<b>A04</b>	Actual PB
<b>A05</b>	Actual P1
<b>A06</b>	Alzado Fachada Este
<b>A07</b>	Alzado Fachada Oeste
<b>A08</b>	Alzado Fachada Sur
<b>A09</b>	Sección A-A'
<b>A10</b>	Sección B-B'
<b>A11</b>	Sección C-C'
<b>A12</b>	Sección D-D'
<b>AE01</b>	Estructura Actual Cimentacion
<b>AE02</b>	Estructura Actual PB
<b>AE03</b>	Estructura Actual P1 Cubierta
<b>AE04</b>	Estructura Actual Badalot

PROPUESTA	
<b>P01</b>	Propuesta PS
<b>P02</b>	Propuesta PB
<b>P03</b>	Propuesta P1
<b>P04</b>	Propuesta P2 & P3
<b>P05</b>	Propuesta P4
<b>P06</b>	Alzado Fachadas Oeste & Este
<b>P07</b>	Alzado Fachada Sur
<b>P08</b>	Sección A-A' & B-B'
<b>P09</b>	Sección C-C'
<b>P10</b>	Sección D-D'
<b>P11</b>	Propuesta superficie y volumen
<b>PE01</b>	Estructura propuesta Cimentación
<b>PE02</b>	Estructura propuesta RZC
<b>PE03</b>	Estructura propuesta VC RZC
<b>PE04</b>	Estructura propuesta RZP
<b>PE05</b>	Estructura propuesta VC RZP
<b>PE06</b>	Estructura propuesta PB
<b>PE07</b>	Estructura propuesta P1
<b>PE08</b>	Estructura propuesta P2
<b>PE09</b>	Estructura propuesta P3 & P4
<b>PE10</b>	Estructura propuesta Badalot

## **ANEJOS**

**ANEJO A – PLANOS**

**ANEJO B – REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

**ANEJO C – INFORME DE CÁLCULO DIAMONDS**

**ANEJO D – INFORME DE CÁLCULO CYPE**

**ANEJO E – INFORME DE CÁLCULO IDEA STATICA (SIMPLIFICADO)**

**ANEJO F – INFORME DE CÁLCULO IDEA STATICA (COMPLETO)**

**ANEJO G – IMPACTO AMBIENTAL**

**ANEJO H – MEDICIONES Y PRESUPUESTO**